

УПРОЩЕННАЯ МЕТОДИКА РАСЧЕТА СОЛНЕЧНЫХ ПАРОГЕНЕРИРУЮЩИХ УСТАНОВОК

Бабаян Р. С., Арушанян В. А., Дадаян Г. Г., Микаелян Ш. С.

Третья часть всей используемой мировой энергии тратится на нужды промышленности. Большая часть которой расходуется на получение насыщенного пара небольшого давления, для производственных и бытовых нужд. Значительную часть этой энергии можно покрывать за счет нетрадиционных источников энергии, в частности солнечной. Солнечные парогенерирующие установки двух видов приводятся на рис. 1 и 2.

Теплопроизводительность этих установок зависит от величины солнечной радиации и совершенства отдельных элементов, а теплообменные факторы не зависят от величины солнечной радиации и от температурных режимов.

В промышленности и в стройиндустрии используется большое количество пара как для обогрева зданий, так и для производственных нужд.

Получение горячей воды и пара, при помощи солнечной радиации рассматривается в работах [1,2,3]. Однако не приводятся конкретные последовательности расчетов солнечной парогенерирующей установки.

Цель данной работы - разработать математический аппарат для расчета параметров подовных установок.

Рассмотрим процесс получения пара, используя солнечную радиацию.

Первая установка (рис. 1)[2] является 2-х контурной, в первом контуре которого циркулирует обычно масло или другая подовная жидкость, во втором контуре – вода. Во втором контуре, в теплообменнике получают насыщенный пар, который направляется потребителям, а отработанный конденсат возвращается в котел.

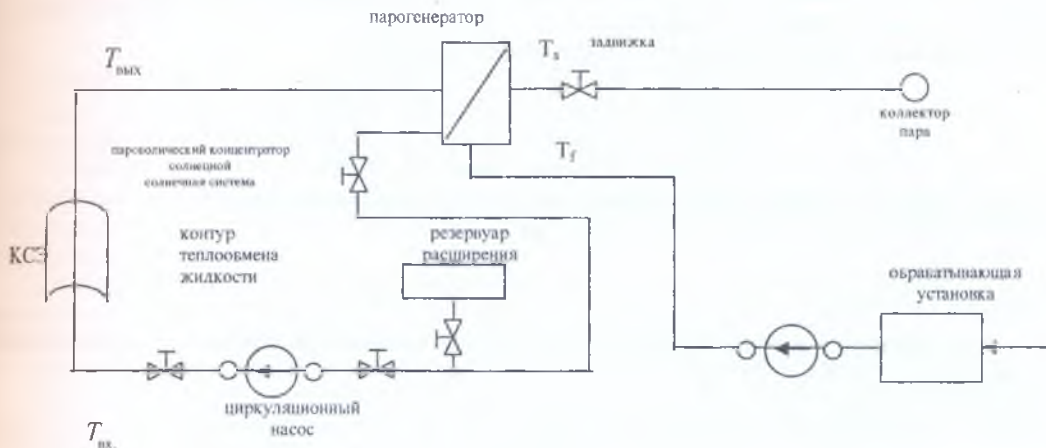


Рисунок 1.

Схема парообразования при помощи теплообменника котла.

Во второй установке парообразование происходит в расширительном баке после дросселирования. Там же из парожидкостной смеси капли влаги оседают и образуют конденсат, а полученный сухой пар поступает на нужды промышленности. В этом случае, количество пара обычно ниже 10% общей массы, поступающей в расширитель.

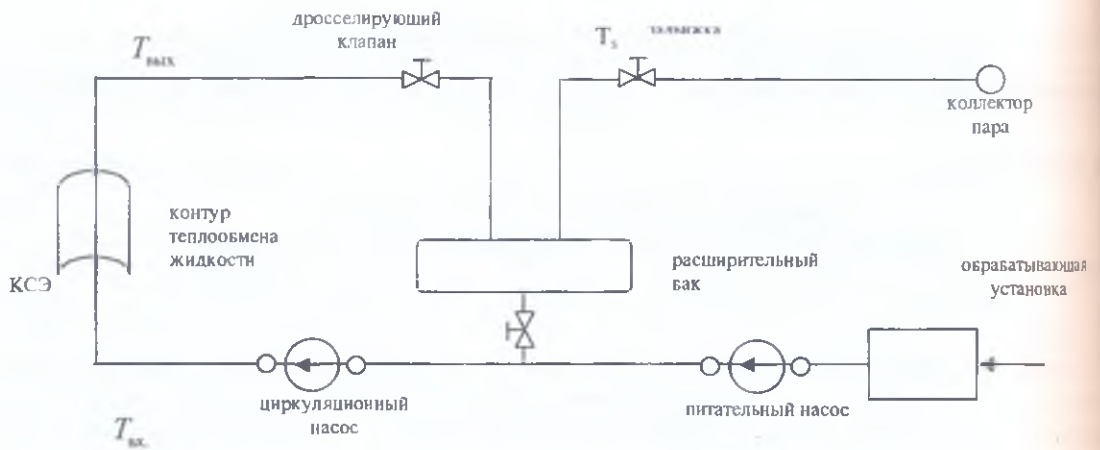


Рисунок 2. Схема ускоренного парообразования

Во второй установке затраты энергии на собственные нужды выше (энергия для прокачки жидкости в котел большая, благодаря большому сопротивлению дросселирующего клапана).

Преимуществом установки с котлом является то, что давление в системе низкое благодаря использованию в качестве рабочего тела органической жидкости (масло в широком диапазоне температур).

Сравнение этих 2-х систем дает нам возможность выбора лучшей с теплотехнической и технологической точки зрения.

Для установки 1-ого варианта количество тепла, полученного от солнечного коллектора определяется по формуле [1]

$$I \cdot \tau \cdot \alpha - U_L (T_{\text{ср}} - T_s) = m \cdot C_p (T_{\text{вх}} - T_{\text{вых}}) = Q_n; \quad (1)$$

где I - интенсивность солнечной радиации, Вт/м²
 τ - пропускная способность прозрачных покрытий,
 α - поглотительная способность теплоприемника,

$$\tau = \tau_r \cdot \tau_o; \tau_o = e^{-K_1 L};$$

где K_1 - лежит в пределах $0,04 \div 0,32 \text{ см}^{-1}$, коэффициент ослабления солнечного спектра
 L - толщина прозрачного покрытия.

После подстановки значений τ в уравнение (1), получим

$$I \cdot e^{-K_1} \cdot \alpha - U_L (T_{\text{ср}} - T_s) = G \cdot C_p (T_{\text{вх}} - T_{\text{вых}}) = Q_n; \quad (2)$$

или

$$Q_n = G \cdot C_p (T_{\text{вх}} - T_{\text{вых}}) = K \cdot S \cdot \Delta T \quad (2')$$

где ΔT средне-логарифмическая разница температуры теплообменника [4]

$$\Delta T = \frac{(T_{\text{вых}} - T_{\text{вх}})}{\ln \frac{T_{\text{вх1}} - T_o}{T_{\text{вх}} - T_s}} \quad (3)$$

Подставляя значение ΔT из (3) в (2) получим температуру смещений жидкости на входе в коллектор

$$T_{\text{вх1}} = T_s + \frac{T_{\text{вх.к}} - T_s}{\exp(KS/G \cdot C_p)}; \quad (4)$$

Из уравнения (2) имеем

$$T_{\text{ср}} = T_{\text{вых.к}} + \frac{Q_n}{G \cdot C_p}; \quad (5)$$

Подставляя (5) в (4), получим

$$T_{\text{вх1}} = T_s + \frac{T_{\text{вх1}} + \frac{Q_n}{G \cdot C_p} - T_s}{\exp(K \cdot S / G_1 \cdot C_{p1})}; \quad (6)$$

Решая (6) относительно $T_{\text{вх1}}$, имеем

$$T_{\text{вх1}} [1 - \exp(-U_L \cdot S)] = T_s [1 - \exp(-U_L \cdot S) / G \cdot C_p] + \frac{Q / G \cdot C_p}{\exp(-U_L \cdot S) / G \cdot C_p}; \quad (7)$$

преобразуя приводим к следующему виду:

$$T_{\text{вх1}} = T_s + \frac{Q_n}{G \cdot C_p} \left[(\exp(U_L \cdot S / G \cdot C_p))^{-1} \right]^1 \quad (8)$$

если значение $T_{\text{вх1}}$ подставим в (1), то получим

$$Q_n = F_R \eta_a I_a S - F_R U_L S \left[T_s + \frac{Q_n}{G \cdot C_p} \left[(\exp(U_L S / G \cdot C_p))^{-1} \right]^1 - T_0 \right] \quad (9)$$

Решая относительно Q_n , получим.

$$Q_n = \frac{1}{1 + \frac{F_R U_L S}{G \cdot C_p \left[\exp(U_L \cdot S / G \cdot C_p) \right]^{-1}}} [F_R \eta_a I_a S - F_R U_L S (T_s - T_0)] \quad (10)$$

В уравнении (10) последнее выражение – вырабатываемая коллектором полезная энергия, которая расходуется для получения насыщенного пара, при этом считается, что коэффициент теплопередачи котла имеет бесконечную величину, и в связи с этим жидкость, возвращаемая в коллектор имеет температуру насыщенного пара. Первое выражение в уравнении (10) – это эффективность котла.

Выражение (10) можно переписать следующим образом

$$Q_n = F_B [F_R \eta_a S - F_R U_L S (T_s - T_0)], \quad (11)$$

где

$$F_B - \text{эффективность котла. } F_B = \left[1 + \frac{F_R U_L S}{G \cdot C_p \left[\exp(U_L \cdot S / G \cdot C_p) \right]^{-1}} \right]^{-1}$$

Как видно оценка F_B зависит только от установленных количеств элементов.

Выше указанное рассуждение относится процессу парообразования и сепарации ее непосредственно в котле теплообменнике в 2-х контурном варианте рисунок.1.

На рисунке указаны коллектор солнечной энергии, теплообменный котел, питательный насос, расширительный бак, коллектор пара, циркуляционный насос, бак сбора конденсата после отработки пара (конденсатосборник), вентиля. В вышеприведенной схеме полученный в котле пар направляется в коллектор для потребления.

В следующей схеме рассматривается способ получения пара при помощи солнечной энергии дросселированием горячей жидкости через клапан. (рис.2). Схема включает концентратор солнечной энергии, насосы, емкость, вентиля, сборник отработанного пара-конденсата.

На рисунке (2) представлена солнечная установка для ускоренного парообразования.

В данной схеме жидкость насосом закачивается в концентратор (КСЭ), где жидкость нагревается, проходя через дросселирующий клапан в емкости, превращается во влажный пар. Пар после отработки возвращается в конденсатосборник.

Количество воды, входящей в солнечный коллектор, равно количеству пароводяной смеси, образованной в емкости. В данном случае вода в коллекторе греется до температуры насыщения, и после дросселирующего клапана превращается в пар с температурой ниже температуры насыщения.

Расход энергии, полученной от солнечного коллектора, можно описывать следующим уравнением

$$Q_n = G [C_p (T_s - T_{\text{вх}}) + r], \quad (12)$$

Из (12) можно определить расход рабочего тела

$$G = \frac{Q_n}{C_p(T_s - T_{вх}) + r}$$

Питающая вода состоит из двух частей. Одна часть конденсат, прошедший производственные процессы, другая - полученный конденсат из емкости с добавлением недостающей массы.

$$G = G_I + G_{II}, \quad (14) \text{ откуда}$$

$G_I = G - G_{II}$, (15) следовательно температура жидкости, поступающей в котел будет

$$T_{вх.к} = \frac{T_{вх.к} \cdot G + G_I \cdot T_f}{G} \quad (16)$$

Подставляя выражения (15) и (13) в выражение (16), получим температуру входа в коллектор

$$T_{вх.к} = \frac{Q_n/G}{C_p(T_s - T_f) + r} T_f + \left[1 - \frac{Q_n/G}{C_p(T_s - T_f) + r} \right] T_s, \quad (17)$$

Из выражения (17) получим необходимое значение количества тепла.

$$Q_n = \frac{1}{1 - \frac{F_R U_L S/G}{C_p(T_s - T_f) + r} (T_s - T_f)} [T_R \eta I_a S - F_R U_L S (T_s - T_o)], \quad (18)$$

Последнее выражение в скобках, как и раньше, отражает полезное тепло рабочего тела полученное от коллектора солнечной энергии (КСЭ) с температурой насыщенного пара, если жидкость, поступающая в коллектор, имеет температуру насыщенного пара. Первая часть формулы определяет производительность системы. Она может отличаться от действительности, поскольку температура входящего в коллектор рабочего тела может отличаться от температуры насыщенного пара.

Используя [5], нами рассчитано количество тепла, необходимое при различной температуре входной жидкости в коллектор и выходной температуре для получения одного килограмма пара. Полученные результаты обработаны методом наименьшего квадрата и получены следующие уравнения для входных температур 40, 50, 60, 70°C и выходной температуре 201,36°C:

$$Q = 1,72 \cdot 10^3 + 25,1 \cdot t - 0,346 \cdot t^2 - 8,96 \cdot 10^{-6} t^4 + 1,24 \cdot 10^{-8} \cdot t^5 \quad (\text{для } t_{вх} = 40^\circ\text{C})$$

$$Q = 2,19 \cdot 10^3 - 4,89 \cdot t + 0,0331 \cdot t^2 + 0,000149 \cdot t^3 - 2,8 \cdot 10^{-7} \cdot t^4 \quad (\text{для } t_{вх} = 50^\circ\text{C})$$

$$Q = 2,18 \cdot 10^3 + 3,81 \cdot t - 0,0217 \cdot t^2 + 9,6 \cdot 10^{-5} \cdot t^3 - 1,91 \cdot 10^{-7} \cdot t^4 \quad (\text{для } t_{вх} = 60^\circ\text{C})$$

$$Q = 2,36 \cdot 10^3 - 2,66 \cdot t + 0,0490 \cdot t^2 + 0,000239 \cdot t^3 + 3,9 \cdot 10^{-7} \cdot t^4 \quad (\text{для } t_{вх} = 70^\circ\text{C})$$

где t - выходная температура рабочего тела.

По этим уравнениям построены графики функций (рис. 3).

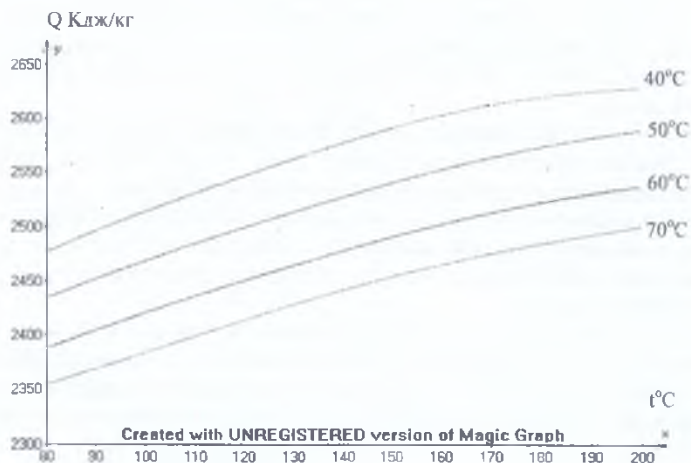


Рисунок 3. Графики функций $Q = f(t_{вх})$, (при $t_{вх} = 40, 50, 60, 70^\circ\text{C}$)

Ստիպյալ օժտանումներ:

Q_s - փոխանակվող լուսնային էներգիա, Վտ; F_R - ֆոկտոր էֆֆեկտիվնոտի կոլեկտոր; η - օպտիկական էֆֆեկտիվնոտի կոլեկտոր; I_0 - փոխանակվող լուսնային էներգիա, Վտ m^2 ; U_L - տեղափոխման արագություն, Վտ $m^2 \cdot c^{-1}$; $T_{\text{վ}}$ - տեմպերատուրա լիճուկի քի Վտմուտք, $^{\circ}C$; $T_{\text{վ}}$ - տեմպերատուրա լիճուկի քի Վտմուտք, $^{\circ}C$; T_0 - տեմպերատուրա շրջապատի, $^{\circ}C$; T_S - տեմպերատուրա լիճուկի քի Վտմուտք, $^{\circ}C$; T_f - տեմպերատուրա փոխանակվող լիճուկի, $^{\circ}C$; $T_{\text{վ}}$ - տեմպերատուրա լիճուկի քի Վտմուտք, $^{\circ}C$; (լիճուկի քի Վտմուտք); S - տեմպերատուրա լիճուկի քի Վտմուտք, m^2 ; G_f - տեմպերատուրա լիճուկի քի Վտմուտք, kg/s ; C_{p1} - տեմպերատուրա լիճուկի քի Վտմուտք, $kJ/kg \cdot ^{\circ}C$; $\Delta T_{\text{վ}}$ - տեմպերատուրա լիճուկի քի Վտմուտք, $^{\circ}C$; K_T - տեմպերատուրա լիճուկի քի Վտմուտք, Վտ $m^2 \cdot ^{\circ}C$; S_f - տեմպերատուրա լիճուկի քի Վտմուտք, m^2 ; C_{pH} - տեմպերատուրա լիճուկի քի Վտմուտք, $kJ/kg \cdot ^{\circ}C$; r - տեմպերատուրա լիճուկի քի Վտմուտք, kJ/kg ; G_H - տեմպերատուրա լիճուկի քի Վտմուտք, kg/s ; P - տեմպերատուրա լիճուկի քի Վտմուտք, Pa ; T - տեմպերատուրա լիճուկի քի Վտմուտք, $^{\circ}C$; T_c - տեմպերատուրա լիճուկի քի Վտմուտք, $^{\circ}C$; $T_{\text{վ}}$ - տեմպերատուրա լիճուկի քի Վտմուտք, $^{\circ}C$; T_p - տեմպերատուրա լիճուկի քի Վտմուտք, $^{\circ}C$; K - տեմպերատուրա լիճուկի քի Վտմուտք, $W/m^2 \cdot ^{\circ}C$; ΔT - տեմպերատուրա լիճուկի քի Վտմուտք, $(T_{\text{վ}} - T_{\text{վ}})$; θ - տեմպերատուրա լիճուկի քի Վտմուտք, $^{\circ}C$; ν - տեմպերատուրա լիճուկի քի Վտմուտք, m^2/s ; ρ - տեմպերատուրա լիճուկի քի Վտմուտք, kg/m^3 ; $T_{\text{վ}}$ - տեմպերատուրա լիճուկի քի Վտմուտք, $^{\circ}C$; $T_{\text{վ}}$ - տեմպերատուրա լիճուկի քի Վտմուտք, $^{\circ}C$; $КСЭ$ - տեմպերատուրա լիճուկի քի Վտմուտք, W/m^2 ;

Ամփոփում

Նյութում բերվում են ժամանակակից էներգետիկական արդյունքները, որոնք նպաստում են տեղական միջավայրի աղտոտմանը: Օգտագործելով ոչ ավանդական էներգիայի վերափոխիչ սարքավորումները կիրառվում են արտանմուտքի վնասված էներգիայի նյութերի ծավալները: Բնութագրվում է արևային էներգիայից արդյունաբերության և կենցաղի համար հագնված գոլորշի ստանալու նրբի հարմարանքները, նրանց աշխատանքի հիմունքները: Բերվում է նրանց հաշվարկման հարմարանքները: Տրվում է սարքավորումների սխեմաները և մեկ կիրառված գոլորշու համար ծավալող էներգիայի քանակը կախված ջերմաստիճանից, մուտքի 40-70 $^{\circ}C$ ջերմաստիճանի դեպքում:

Լիտերատուրա

1. Ժ. Ա. Դաֆֆի, Մ. Ա. Բակման, Թեղափոխման տեղափոխման լուսնային էներգիայի օգտագործումը, Մոսկու 1977.
2. ԼոգորևոՎ Վ. Ա., Կոստենո Բ. Ի., Բաբայն Ք. Ս. և ուրիշ, ԿոմբինիրոՎոննոտի տեղափոխման տեղափոխման լուսնային էներգիայի օգտագործումը, լադենո N 1802938, 15/XI 1990.
3. Ք. Ս. Բաբայն և ուրիշ, Կոնցենտրատոր փոփոխյալ ղեղափոխման, Ա. Ս. N 1575021 1990.
4. Բ. Ն. ՅուաեՎ, Թեղափոխման, Մ. Վեղափոխման, 1981.